

溶接ヒュームの健康障害とその対策

産業医科大学 産業生態科学研究所 作業関連疾患予防学研究室 非常勤助教 岩崎 明夫

いわさき あきお ● 産業医科大学産業生態科学研究所作業関連疾患予防学研究室非常勤助教、ストレス関連疾患予防センター特命講師。専門は作業病態学、作業関連疾患予防学。主に、過重労働対策、メンタルヘルス対策、海外勤務対策、ストレスチェック、特定健診、両立支援の分野で活躍。

2020年4月、国は労働安全衛生規則、特定化学物質障害予防規則等を改正し、その中で金属アーク溶接等作業において発生する「溶接ヒューム」について、新たな健康障害防止措置を事業者に義務づけました。金属アーク溶接等作業は、製造、建設等の幅広い業種で用いられていることから、大きな影響がある改正となります。このため、一部については2022年4月施行・適用となる経過措置もありますので、着実な実施が必須です。「溶接ヒューム」の個人ばく露測定については、前号の第28回で解説した個人サンプリング法による作業環境測定とは異なり、事業者の任意の選択ではなく、個人ばく露測定が必須となります。そこで今回は、「溶接ヒューム」の健康障害とその対策について概説します。

1. 金属アーク溶接等作業と健康障害

金属アーク溶接等作業とは、アーク放電により金属同士の溶接、金属の溶断やガウジング等を行うことを指し、燃焼ガスやレーザービーム等による溶接、溶断、ガウジングは含まれません。金属アーク溶接等作業において「溶接ヒューム」と呼ばれる粒子が発生します。溶接ヒュームとは、溶接等により生じた蒸気が空気中で凝固したもので、粒径がわずかに0.1～1μm程度の微小な粒子状の物質であり、人が鼻腔や口から吸入した場合、肺の奥深くにある肺胞まで到達することが指摘されています。国際がん研究機関は、溶接ヒュームの肺がんのリスクについて「ヒトに対する発がん性」を認めたグループ1に分類しました(表1)。これを受けてわが国でも規制が検討され、従来、粉じんとして粉じん障害防止規則やじん肺法により規制されていましたが、新たに特定化学物質障害予防規則の管理第2類物質に位置づけました。溶接ヒュームに含まれるマンガンについても、感覚障害や著しい疲労感、不眠等の神経機能障害が指摘されています。現状では、溶接ヒュームによる発がんの原因物質の特定等の知見が不十分であり、今後の研究が待たれています。

表1. 溶接ヒュームの性状と健康障害

主な有害性(発がん性、その他の有害性)		性状
発がん性	国際がん研究機関(IARC)グループ1 ヒトに対する発がん性	溶接により生じた蒸気が空気中で凝固した固体の粒子 (粒径0.1～1μm程度)
その他	溶接ヒュームに含まれる酸化マンガン(MnO)について神経機能障害 三酸化二マンガン(Mn2O3)について神経機能障害、呼吸器系障害	

出典：厚生労働省資料

金属アーク溶接等作業について、関連法規による規制内容を表2にまとめました。金属アーク溶接等作業を継続して実施する屋内作業場ではすべての内容が必要となりますが、屋外作業場や、毎回異なる屋内作業場では、一部の項目は実施できないものがあります。作業環境管理として、作業場の大気中のマンガン濃度で0.05mg/m³を目標とするためには工学的対策が重要であり、動力による全体換気装置、またはこれと同等以上の措置として、プッシュプル型換気装置や局所排気装置等を作業状況に応じて適切に設置する必要があります。これらの換気装置は1月を超えない期間ごとに、換気装置の損傷、異常の有無等を点検します。また、二次粉じん(再飛散)を発生させないために、当該作業を行う屋内作業場の床等を毎日1回以上、水洗等粉じんの飛散しない方法によって掃除をします。このとき、超高性能(HEPA)フィルタ

表2. 関連法規に基づく規制の概要

	法規	継続する屋内作業場	屋外作業場等
全体換気装置による換気等	特化則第38条の21第1項	○	屋内は○
溶接ヒュームの測定・記録保存	特化則第38条の21第2項および第8項 測定等告示第1条(※)	○	
換気装置の風量の増加等	特化則第38条の21第3項	必要時○	
溶接ヒュームの再測定・記録保存	特化則第38条の21第4項および第8項	必要時○	
有効な呼吸用保護具の選択と使用	特化則第38条の21第5項～第6項 測定等告示第2条	○	○
1年以内ごとのフィットテストの実施と記録保存	特化則第38条の21第7項 測定等告示第3条	○	
毎日1回以上の床等の掃除	特化則第38条の21第9項	○	
特定化学物質作業主任者の選任	特化則第27条～第28条	○	○
特定化学物質健康診断の実施	特化則第39条～第42条	○	○
じん肺健康診断の実施	じん肺法第7条～9条の2	○	○
安全衛生教育の実施	安衛則第35条	○	○
汚染されたばら等の処理	特化則第12条の2	○	○
不浸透性の床の設置	特化則第21条	○	○
関係者以外の立入禁止措置と掲示	特化則第24条	○	○
運搬貯蔵時の容器等の使用等	特化則第25条	○	○
休憩室の設置	特化則第37条	○	○
洗浄設備の設置	特化則第38条	○	○
喫煙または飲食の禁止	特化則第38条の2	○	○
有効な呼吸用保護具の備えつけ等	特化則第43条、第45条	○	○

(※) 金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場に係る溶接ヒュームの濃度の測定の方法等(令和2年厚生労働省告示第286号)

出典：筆者作成

表3. 溶接ヒュームの健診項目

1次検診	①業務の経歴の調査 ②作業条件の簡易な調査 ③溶接ヒュームによるせき等パーキンソン症候群様症状の既往歴の有無の検査 ④せき等のパーキンソン症候群様症状の有無の検査 ⑤握力の測定
2次健診	①作業条件の調査 ②呼吸器に関する他覚症状等がある場合における胸部理学的検査等 ③パーキンソン症候群様症状に関する神経学的検査 ④医師が必要と認める場合における尿中等のマンガン量の測定

出典：厚生労働省資料

一つき真空掃除機を用いて掃除する場合、粉じんの再飛散に注意することが大切です。特定化学物質および四アルキル鉛等作業主任者技能講習を修了した者のうちから、当該作業における作業主任者の選任をします。作業主任者は、当該作業に従事する労働者が対象物にばく露したり、吸入したりしないように、作業の方法を決定し、労働者を指揮することが求められます。また、全体換気装置等の作業環境管理の状況、保護具の使用等の作業管理の状況を管理・指導します。その他の措置として、当該作業時についての雇い入れ時、作業内容変更時の安全衛生教育の実施、対象物に汚染されたウェスや紙くず等をフタつきの不浸透性容器に捨てること、作業場所の床面は不浸透性のコンクリートや鉄板等とすること、作業場所への関係者以外の立ち入りの禁止と表示、作業場所以外の場所への休憩室の設置、洗顔、洗身、うがい等の設備や更衣設備、洗濯設備等の設置、喫煙と飲食の禁止と表示、必要な呼吸用保護具の備えつけ等を実施します。

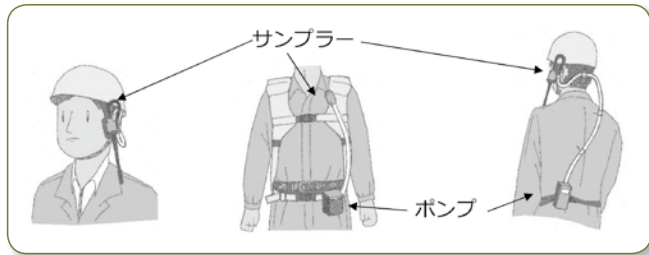
金属アーク溶接等作業に常時従事する労働者について

は、2種類の特殊健康診断の実施が必要です。粉じんとして「じん肺健康診断」を実施するとともに、溶接ヒュームとして「特化則に基づく特殊健康診断」を実施します。溶接ヒュームとしての健診項目は表3の通りです。雇い入れ時、当該作業への配置替え時、および従事中の6月以内ごとに1回、定期的に、特殊健康診断を実施します。健診結果は、労働者本人に通知するとともに、個人票を5年間保存し、毎回労働基準監督署に特定化学物質健康診断結果報告書を事業者として提出する必要があります。健診の結果異常と診断された場合は、医師の意見を勘案して当該労働者の健康の保持のための措置を講じます。特殊健康診断の実施義務については、経過措置はありませんので注意してください。

2. 溶接ヒュームの個人ばく露測定

作業環境管理として、金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内事業場については、個人ばく露測定が必要です。その必要な措置の流れと、2022年3月31日までの経過措置については、コラム(17頁)を参照してください。個人ばく露測定は図1にあるようなサンプラーを身体に装着して測定します。このとき試料採取機器の吸気口は、労働者の呼吸する空気中の溶接ヒュームの濃度をより正確に測定するために当該労働者の呼吸域に装着し、その際、吸気口が溶接面体の内側となるように留意が必要です。

図1. 個人ばく露測定に用いられるサンプラーの例



出典：厚生労働省資料

測定は、溶接ヒュームの量がほぼ均一であると見込まれる作業（均等ばく露作業）で、溶接材料・母材や溶接作業場所の違いが、溶接ヒュームの濃度に大きな影響を与えないことが見込まれる作業ごとに行います。この場合、測定精度を確保するために、2人以上での測定が必要です。作業従事者が多い場合は代表者を適切に抽出して行うこと、従事労働者が1名である場合は複数の作業日で行うこととされています。測定においては、当該作業に従事するすべての時間を測定すること、測定値は作業実施中の時間加重平均値として、その測定値のうち最大のものを評価値とします。これらのことから、個人ばく露測定は第1種作業環境測定士、作業環境測定機関等、十分な知識・経験を有する者により実施する必要があります。また、測定結果により、換気装置の風量の増加等の他、作業場の状況に応じて、集じん装置や送風機の設置、溶接の方法・材料・母材の変更、作業位置の調整、発生源の遮へい等の必要な措置を検討・実施します。これらの対策を実施した場合は、個人ばく露測定を再度測定します。

3. 呼吸用保護具の選定とフィットテスト

作業管理として適切な呼吸用保護具の選択と、確実な着用の確認のためのフィットテストを行います。溶接ヒュームの濃度を、個人ばく露測定の結果得られたマンガン濃度の最大の値 (C) を使用して、以下の計算式で「要求防護係数」を算定します。このときの0.05はマンガン濃度の管理濃度であり、これと比較をします。

$$\text{要求防護係数 } PFr = \frac{C}{0.05}$$

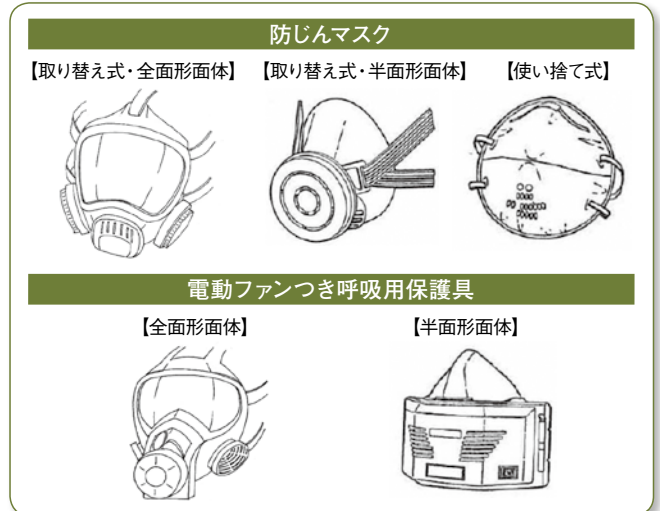
次に、指定防護係数一覧(表4)から、「要求防護係数」より大きな数値の「指定防護係数」を持つ呼吸用保護具を選択し、労働者に使用させます。指定防護係数とは、訓

表4. 指定防護係数一覧(抜粋)

呼吸用保護具の種類			指定防護係数		
防じんマスク	取り替え式	全面形面体	RS3又はRL3	50	
			RS2又はRL2	14	
			RS1又はRL1	4	
	使い捨て式	半面形面体	RS3又はRL3	10	
			RS2又はRL2	10	
			RS1又はRL1	4	
電動ファンつき呼吸用保護具	全面形面体	S級	PS3又はPL3	1,000	
		A級	PS2又はPL2	90	
		A級又はB級	PS1又はPL1	19	
	半面形面体	S級	PS3又はPL3	50	
		A級	PS2又はPL2	33	
		A級又はB級	PS1又はPL1	14	
	フード形又はフェイスシールド形	S級	PS3又はPL3		25
					20
		A級	PS2又はPL2		20
					11

出典：厚生労働省資料

図2. 呼吸用保護具の種類



出典：厚生労働省資料

練された着用者が正常に機能する呼吸用保護具を正しく着用した場合に、少なくとも得られることが期待される防護係数のことであり、これを下回る保護具を選定してはいけません。例えば、C=0.6mg/m³の場合、PFr=12となり、指定防護係数14以上の半面形面体、全面形面体が使用できますが、指定防護係数10の防じんマスクは使用できないことになります。

労働者が呼吸用保護具を適切に使用するためには、正しく着用することが必須であることから、労働者に正しいマスクの着用方法を指導します。そのうえで、面体と顔の密着性が適切であるかを評価するためにフィットテストを行います。フィットテストは年1回以上行い、JIS T8150において呼吸用保護具の選択、使用および保守管理方法に定められた方法により、対象労働者ごとに、呼吸用

保護具の外側と内側の測定対象物質の濃度を測定し、そのうえで、以下の計算式で防護係数（フィットファクタ）を求めます。

$$(\text{フィットファクタ}) = \frac{\text{呼吸用保護具の外側の測定対象物質の濃度}}{\text{呼吸用保護具の内側の測定対象物質の濃度}}$$

このフィットファクタが、表5にある要求フィットファクタの数値を下回らないことが必要です。フィットファクタが要求フィットファクタを下回っている場合は、対象作業にお

表5. 要求フィットファクタの概要

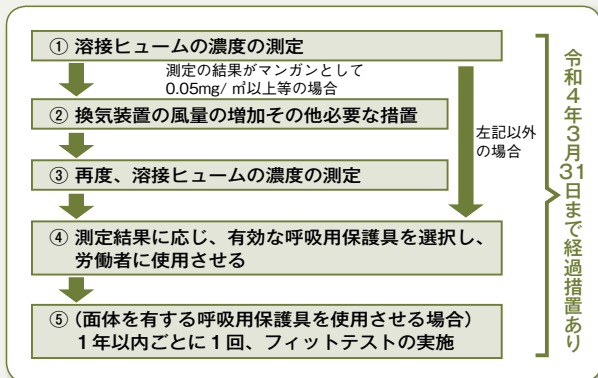
呼吸用保護具の種類	要求フィットファクタ
全面面体を有するもの	500
半面面体を有するもの	100

出典：厚生労働省資料

る労働者の呼吸用保護具として十分に機能していないこととなります。フィットテストに当たっては、労働者に正しいマスクの着用方法を指導しておくとともに、必要な場合は、顔にフィットするマスクサイズへの変更や、フィット面周囲のひげそり等を検討します。

コラム 溶接ヒュームの対策に必要な措置の流れ

図. 金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場における必要な措置の流れ



出典：厚生労働省資料を一部改変

金属アーク溶接等作業を継続して行う屋内作業場においては、図の手順に従い、対策を進める必要があります。まず、①溶接ヒュームの濃度の測定として個人ばく露測定を行い、測定の結果がマンガンとして0.05mg/m³以上等の場合は、②換気装置の風量の増加等の必要な措置を講じます。そのうえで、再度、③個人ばく露測定により溶接ヒュームの濃度の再測定を行います。①溶接ヒュームの個人ばく露測定において、マンガンとして0.05mg/m³未満である場合、および③再測定を実施した場合、次に④有効な呼吸用保護具を選択し、労働者に使用させることが必要です。さらに、有効な呼吸用保護具を適切に着用するために、⑤年1回以上のフィットテストの実施とその記録が必要となります。

この一連の必要な措置の流れについては、2022年3月31日までに実施する経過措置があります。現在、すでに継続して金属アーク溶接等作業を行っている屋内事業場は、2022年3月31日までに図の①溶接ヒュームの測定、②換気風量の増加、その他必要な措置、③再度、溶接ヒュームの濃度の測定、を実施する必要があります。さらに、2022年4月1日からは特化則に基づき、④有効な呼吸用保護具の選定と着用、⑤年1回以上のフィ

表. 有害物ばく露防止対策補助金の概要

補助の概要

補助対象	補助率	上限額
作業環境測定機関に委託する溶接ヒューム濃度の測定に要する経費	経費の1/2	1人あたり2万円 1作業場4万円

補助の対象となる経費および補助金の算定方法等

1. 補助の対象となる経費	2. 補助基準額	補助金の算定方法
<ul style="list-style-type: none"> 金属アーク溶接等作業中の労働者に試料採取機器（サンプラーおよびポンプ）を装着させ、溶接ヒュームばく露量を測定する経費（デザインおよびサンプリングに要する経費） 採取された試料を吸光度分析法、原子吸光分析又はこれと同等以上の性能を有する分析法による分析に要する経費 作業環境測定士の出張に要する経費 	<ul style="list-style-type: none"> 測定対象者1名当たり4万円、1作業場当たり最大2名分。 複数の作業場の測定をする場合でも上限は8万円。 	1欄に掲げる経費と2欄に掲げる基準額とを比較し、少ない方の2分の1

出典：厚生労働省資料

ットテストの実施と記録を行う必要があります。なお、呼吸用保護具については、2022年3月31日以前の現時点で、すでに粉じん則の規定による有効な呼吸用保護具の着用が義務づけられている点には注意が必要です。また、特化則の規程による作業主任者の選任義務は2022年4月1日から義務づけられますが、全体換気の実施、特殊健康診断の実施などは2021年4月1日よりすでに義務づけられていますので、注意してください。

厚生労働省では、特化則改正による溶接ヒュームの測定を行う中小事業主を対象に、費用の一部を支援する「有害物ばく露防止対策補助金」を交付しています。補助金の公募期間は、第1期が2021年7月1日～8月31日、第2期が2021年10月1日～11月30日となっています。補助の概要は表の通りです。対象となる事業主の詳細等の申請窓口・相談窓口は、全国労働衛生団体連合会(全衛連)となっています。

全衛連(補助金交付事務代行事業者)

申請書類等の入手 <http://www.zeneiren.or.jp>
 相談等 TEL 03-6809-5855
 (平日午前9時30分～午後5時)
 電子申請アドレス hojyokin@zeneiren.or.jp

